

a-6

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-344616  
 (43)Date of publication of application : 14.12.2001



(51)Int.Cl.

G06T 17/40  
 G06F 17/50

(21)Application number : 2000-161896

(71)Applicant : NATL INST OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE &  
 TECHNOLOGY METI

(22)Date of filing : 31.05.2000

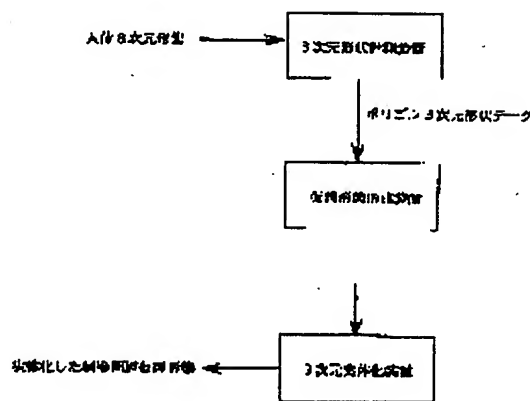
(72)Inventor : MOCHIMARU MASAOKI  
 KAWACHI MAKIKO

## (54) VIRTUAL MORPHOGENETIC DEVICE AND METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To correct and design the shape and size of a product in accordance with the shape and size of a human body.

SOLUTION: This virtual morphogenetic device calculates a space distortion function for mutually deforming the three-dimensional morph data of plural persons and prepares the multi-dimensional distribution map of the three-dimensional morph data of the plural persons based on the magnitude of the space distortion, thereby inducing a virtual morph existing at an optional position on the multi-dimensional distribution map.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.05.2000  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 3364654  
 [Date of registration] 01.11.2002  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-344616  
(P2001-344616A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001.12.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 6 T 17/40		C 0 6 T 17/40	A 5 B 0 4 6
G 0 6 F 17/50	6 8 0	C 0 6 F 17/50	6 8 0 F 5 B 0 5 0

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-161896(P2000-161896)

(22) 出願日 平成12年5月31日 (2000.5.31)

(71) 出願人 301000011

経済産業省産業技術総合研究所長  
東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 持丸 正明

茨城県つくば市東1丁目1番3 工業技術  
院生命工学工業技術研究所内

(72) 発明者 河内 まき子

茨城県つくば市東1丁目1番3 工業技術  
院生命工学工業技術研究所内

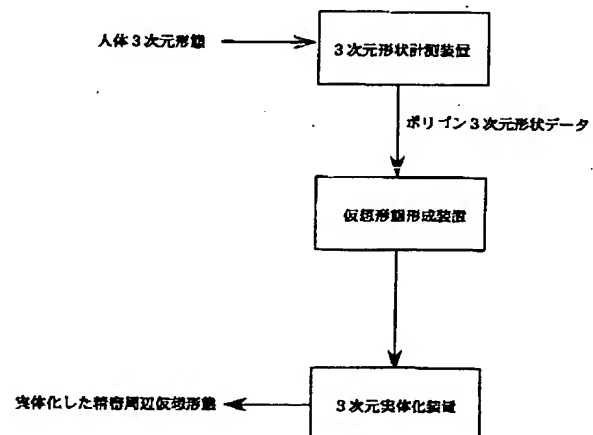
Fターム(参考) 5B046 AA10 DA02 DA09 EA09 EA10  
FA18 GA00 JA02  
5B050 BA04 BA09 BA12 EA07 EA28  
FA01

(54) 【発明の名称】 仮想形態生成装置及び生成方法

(57) 【要約】

【課題】 人体のかたちと大きさに合わせて、製品の形と大きさを修正・設計可能とする。

【解決手段】 仮想形態形成装置が、複数人の3次元形態データを相互に変形する空間歪み関数を計算し、その空間歪みの大きさに基づいて、複数人の3次元形態データの多次元分布図を作成し、該多次元分布図上の任意の位置に存在する仮想形態を導出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数人の人体形態を計測して複数人の3次元形態データとして出力する3次元形状計測装置と、

上記複数人の3次元形態データから多次元分布図を形成し、その周辺に位置する仮想形態を形成する仮想形態形成装置と、

上記仮想形態形成装置からの数値データを実体化するための3次元実体化装置とから構成される複数3次元形態の分布図上の仮想形態を生成する装置であって、

上記仮想形態形成装置は、自由形態変形法を利用して、上記複数人の3次元形態データを相互に変形する空間歪み関数を計算し、その空間歪みの大きさに基づいて、上記複数人の3次元形態データの多次元分布図を作成し、該多次元分布図上の任意の位置に存在する仮想形態を導出することを特徴とする複数3次元形態の分布図上仮想形態生成装置。

【請求項2】 複数人の人体形態を計測して複数人の3次元形態データを得て、該複数人の3次元形態データから多次元分布図を形成し、その周辺に位置する仮想形態を形成し、この仮想形態を生成する方法であって、上記複数人の3次元形態データを自由形態変形法を利用して相互に変形する空間歪み関数を計算し、該空間歪みの大きさに基づいて、上記複数人の3次元形態データの多次元分布図を作成し、該多次元分布図上の任意の位置に存在する仮想形態を導出することを特徴とする複数3次元形態の分布図上の仮想形態の生成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、人体のかたちと大きさに合わせて、製品の形と大きさを修正・設計するための方法及び装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】顧客に適合する製品設計において、個別対応ではなく、集団（特定の顧客層）に対して量産品で対応する場合、複数3次元人体形態の分布図から、似通った形態を有する集団を抽出し、その集団に対して適合する製品を設計することになる。ここでは、集団を代表する平均形態に対して製品設計を行うだけでなく、集団のばらつきの周辺に位置するような仮想形態に対して、製品の適合性を評価することが必要となる。

【0003】このために、(1) 数値データとして記述された複数の人体3次元形態の分布図を作成し、(2) その分布図の周辺に位置するような仮想形態を形成し、(3) その仮想形態を実体化する一貫した方法とそれを実現する装置が必要であった。

【0004】特に、人体3次元形態の分布は「小さい→大きい」のような1次元的な分布では記述しきれず、人体のかたちと大きさを表す多次元的な分布図を導出する方法が必要である。たとえば、「小さい→大きい」とい

う1次元的な分布では、「集団の中で、最も低い身長、最も小さい胴回り、最も短い脚、最も小さい頭」を併せ持つ人と、「集団の中で、最も高い身長、最も大きい胴回り、最も長い脚、最も大きい頭」を併せ持つ人が対極に位置することになるが、実際にはこのような人は存在しない。人体各部のかたちと大きさを多次元的に評価した上で、分布図を作成し、その分布図の周辺に位置する仮想形態を算出、実体化する一貫した作成方法及び作成装置が求められていた。

【0005】人体3次元形態の分布図を得る方法として、人体形態をBスプライン関数で記述し直してから、その関数値のパラメータによって分布を知る技術がある（岸本泰蔵、紅野進、黒川隆夫、篠崎彰大：衣服CADのための人体3次元形状モデル、第22回画像工学コンファレンス、pp.235-238, 1991）。しかし、この技術では、人体形態の特徴を1次元的な分布として捉えるにとどまり、多次元的な形態分布図の導出方法は言及されていない。

【0006】これに対し、発明者らがすでに発表している方法では、人体形態を関数系で記述し直さずに人体形態の特徴を多次元的な分布として捉えることができる（持丸正明、河内まき子、福井幸男、堤江美子：FFDによる形態間距離に基づく足部三次元形態の特徴分類、人間工学、33(4)、pp.229-234, 1997）。ただし、持丸らのFFDによる方法論では、上記(1)の問題を解決しているだけであり、(2)、(3)の解決には及んでいない。

【0007】分布図上の仮想形態を算出する方法としては、上記岸本らの論文において、平均形状及び標準偏差形状を演算する方法が公開されている。しかしながら、上でも述べたように、あくまでも、人体形態特徴の1次元的な分布に基づく標準偏差形態を算出する方法であり、本発明の特徴とする多次元的な人体分布に基づく標準偏差形態の計算はできない。

【0008】また、この方法では、形状計測装置で得られた形態の座標データをもとに、形態をBスプライン関数で記述し直す必要がある。これに関数系で形態をうまく表現できるように、形態の凹凸の大きさに応じて、部分的にスプライン関数の制御点数を増やすなどの工夫が必要であり、前処理の手間が大きな問題であった。

【0009】発明者らが、すでに特許出願している平均形態生成方法〔特開平10-240964、複数3次元形態の平均形態生成方法及びその装置〕では、このような前処理の問題はないが、あくまでも平均形態を算出する方法に限定されており、形態分布図周辺の仮想形態を算出する方法には及んでいない。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記3つの問題解決、すなわち、(1) 数値データとして記述された複数の人体3次元形態の分布図を作成し、(2) その分布図の周辺に位置するような仮想形態を算出し、(3) その

仮想形態を実体化する一貫した方法論とそれを実現する装置に関するものである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するために、複数人の人体形態を計測して複数人の3次元形態データとして出力する3次元形状計測装置と、上記複数人の3次元形態データから多次元分布図を形成し、その周辺に位置する仮想形態を形成する仮想形態形成装置と、上記仮想形態形成装置からの数値データを実体化するための3次元実体化装置とから構成される複数3次元形態の分布図上の仮想形態を生成する装置であって、上記仮想形態形成装置は、自由形態変形法を利用して、上記複数人の3次元形態データを相互に変形する空間歪み関数を計算し、その空間歪みの大きさに基づいて、上記複数人の3次元形態データの多次元分布図を作成し、該多次元分布図上の任意の位置に存在する仮想形態を導出することを特徴とする複数3次元形態の分布図上仮想形態生成装置を提供する。

【0012】さらに、本発明は上記課題を解決するために、複数人の人体形態を計測して複数人の3次元形態データを得て、該複数人の3次元形態データから多次元分布図を形成し、その周辺に位置する仮想形態を形成し、この仮想形態を生成する方法であって、上記複数人の3次元形態データを自由形態変形法を利用して相互に変形する空間歪み関数を計算し、該空間歪みの大きさに基づいて、上記複数人の3次元形態データの多次元分布図を作成し、該多次元分布図上の任意の位置に存在する仮想形態を導出することを特徴とする複数3次元形態の分布図上の仮想形態の生成方法を提供する。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を実施例に基づいて図面を参照して説明する。本発明の装置は、人体形態を入力するための3次元形状計測装置と、この3次元形状計測装置で得られた複数の人体形態から多次元分布図を計算し、その周辺に位置する仮想形態を形成する仮想形態形成装置と、仮想形態形成装置からの数値データを実体化するための3次元実体化装置によって構成される(図1)。

【0014】本発明の方法及び装置の概要をその作業工程の順に説明する。

- (1)まず、上記3次元形状計測装置で、対象集団の複数人(N人)の人体形態を計測する。
- (2)次に、計測したN人の人体形態を人体の解剖学的特徴点に基づいてモデル化し、これらの形態間の距離を計算し、その距離関係を満足するような3次元形態の多次元分布図を得る。
- (3)分布図上の任意の座標点に位置する仮想形態を計算するために、分布図の中心と上記任意の座標点を結ぶ直線上に位置する仮想形態10個程度をN人の人体形態の内挿によって計算し、その仮想形態が上記直線上に沿って

変形する特性を自由形態変形法の制御格子点移動パターンとして表し、その制御格子点の移動量と、分布図の直線上の移動量を統計的に関係付ける。この関係から、中心に位置する仮想形態を、上記任意の座標点に位置する仮想形態に変形するための制御格子点移動パターンを外挿し、この制御格子点移動パターンを中心に位置する仮想形態に適用することで、上記任意の座標点に位置する仮想形態を算出する。

(4)上記実体化装置を用いて、上記任意の座標点に位置する仮想形態の数値データを実体化する。以下、本発明の構成をさらに詳細に説明する。

【0015】(3次元形状の計測装置)3次元形状計測装置としては、例えばレーザ方式の形状スキャナ(レーザ光を投影することにより立体形状が多数の3次元座標値として測定できるスキャナ)等が利用される。この3次元形状計測装置によって、対象集団の人体形態(複数の人であるN人)を計測する。人体形態としては、全身形状に限らず、足部や頭部などの特定の部位形状でも良い。ただし、人体形態には、人体の解剖学的特徴点に関わる特徴点をマーキングし、3次元形状データと合わせて、マーキングした特徴点位置データを取得する。取得した3次元形状データを、これらの特徴点位置データに基づいて再構成する。即ち、3次元形状計測装置で計測取得した多数の座標値の全て又はその一部が人体の解剖学的特徴点とが関連づけられたデータとする。

【0016】ここで、人体の解剖学的特徴点とは、足部形態の場合、図2の腓側中足点、脛側中足点、踵点を含む骨格上の特徴点位置を指す。同様に、体幹部人体形態において、人体の解剖学的特徴点とは、図3の転子点、肩峰点、乳頭点を含む骨格上の特徴点を指す。

【0017】(仮想形態形成装置)仮想形態形成装置は、入出力部、データを処理するCPU、メモリ等を備えており、この装置による作業を順次説明する。

#### (1)多次元分布図の取得

まず、仮想形態形成装置による多次元分布図が取得される。上記のとおり、3次元形状の計測装置により、解剖学的特徴点に基づいてN人の形状データが再構成されるが、仮想形態形成装置によってN人の形状データの形態間距離(非類似度)が算出される。

【0018】この算出には2つの手段がある。第1は、N人の形状データを相互に変換する自由形態操作法に基づく制御格子点の移動パターンを計算し、その歪量を持って形態間距離と定義する方法であり、その詳細はすでに本発明者らによる先行の出願(特開平10-240964参照)の明細書に記載しているからここではその詳細は省略するが、要は、解剖学的特徴点によって再構成された2つの形状データA、Bにおいて、形状データAの回りに自由形態変形法の制御格子点を設定し、その制御格子点を適宜移動させて形状データAが形状データBに一致するように変形させるとき、その制御格子点の移動量の

総和をもって形状データAと形状データBの形態間距離（非類似度）を定義する方法である。

【0019】第2は、上記再構成されたN人の形状データの対応点間の距離の総和を形態間距離と定義する方法である。前者の方法は、解剖学的特徴点に基づく形態の再構成に粗密があっても、形態全体を均等に評価するような形態間距離が計算できるが、計算処理に時間がかかる。いずれかの方法で、N人の形状データ間の形態間距離（非類似度）を全て計算することで、 $N \times N$ の距離行列が得られる。

【0020】そして、この距離行列が仮想形態形成装置において処理されて、図4のような形態分布図を得ることができる。この処理は、多変量解析法のひとつである多次元尺度法で行われる。なお、図4では2つの分布軸におけるN人の人体形態分布状況を示しているが、より多くの次元（4次元、5次元など）での分布図上の座標を計算することも可能である。

【0021】(2) 中心仮想形態の算出  
仮想形態形成装置において、上記分布図が得られたら、さらに分布図の中心（全ての分布軸の座標値がゼロである点）に位置する仮想形態が得られる。実際には、N人の形状データ点を対応するデータ点ごとに平均したものに相当する。これを中心仮想形態とする。

【0022】(3) 周辺仮想形態の計算(1)  
s次元分布図（但し、sは2以上の整数である。）上の任意の座標点Pt: (pt1, pt2, pt3 ... pts)に位置する仮想形態を計算する。このために、まず、上記任意の座標点と分布図の中心Po: (0, 0, 0 ... 0)とを結ぶ直線上の仮想形態を、内挿によって計算する。

【0023】上記直線上のM個の分布図上座標点をPm: (pm1, pm2, pm3 ... pms); m=1..M、N人の形態の分布図上の座標点をPn: (pn1, pn2, pn3 ... pns); n=1..Nとする。このとき、m番目の仮想形態Pmを計算するための重み係数Cmn（ただしCmn $\geq$ 0）は、次の数式1によって定義される評価関数Eを最小化するように準ニュートン法で最適化計算する。

【0024】

【数1】

$$E = \sum_{i=1}^s \left( p_{mi} - \sum_{n=1}^N C_{mn} \cdot p_{ni} \right)$$

【0025】分布図上座標点Pmに位置する仮想形態を構成する実空間上の座標点をVmk: (xmk, ymk, zmk); m=1..M, k=1..K（Kは解剖学的特徴点に基づいて再構成された形状データの頂点数）、N人の3次元形態を構成する実空間上の座標点をVnk: (xnk, ynk, znk); n=1..N, k=1..Kとすると、Vmkは、上記重み係数Cmnと、N人の3次元形態の座標点Vnkから、次の数式2によって計算する。

【数2】

$$V_{mk} = \frac{\sum_{n=1}^N C_{mn} V_{nk}}{\sum_{n=1}^N C_{mn}}$$

【0026】ただし、この方法では、分布図上の任意の座標点Pmに位置する仮想形態すべてを計算することはできない。この方法はあくまでも計測したN人の形状データから、仮想形態を内挿計算するものであるため、分布図周辺付近の仮想形態は計算できない（上記重み係数Cmnを最適化計算で同定できなくなる）。その場合は、後述する方法で仮想形態を計算する。

【0027】(4) 周辺仮想形態の計算(2)

上記方法で得られた分布図直線上のm個の仮想形態は、人体形態が特定の分布図上の直線に沿って3次元的に変化する特性を表している。形態が分布図上の直線に沿って変化する傾向を、自由形態変形法の制御格子点移動パターンとして記述し直し、その移動パターンを分布図上の直線に沿って外挿し、その移動パターンを、上記中心仮想形態に適用することで、分布図上の任意の座標点Pt: (pt1, pt2, pt3 ... pts)に位置する仮想形態を計算する。

【0028】具体的には、上記中心仮想形態を仮想形態形成装置によって、上記で計算した分布図上座標点Pmに位置する仮想形態に変形するための自由形態変形法の制御格子点移動パターンが算出される。この詳細は、本発明者らによる先行出願特開平10-240964において記載されているからここでは詳細な説明は省略するが、要は解剖学的特徴点によって再構成された2つの形状データA、Bにおいて、形状データAの回りに自由形態変形法の制御格子点を設定し、その制御格子点を適宜移動させて形状データAが形状データBに一致するように変形させるとき、制御格子点の移動量ができるだけ少なく、かつ、形状データAと形状データBの対応点間の距離の総和ができるだけ小さくなるように、制御格子点の移動量を最適化する方法である。

【0029】人体形態の分布の場合、計算された制御格子点の実空間上でのX軸、Y軸、Z軸方向の移動量と、分布図上座標点Pmと分布図中心点Poとの変位量は、ほぼ直線的な関係を有する。そこで、上記移動量を、上記変位量に基づく回帰式で表すことができる。この回帰式によれば、上記方法で計算可能であった分布図上座標点Pmより周辺に位置する分布図上座標点Pt: (pt1, pt2, pt3 ... pts)における制御格子点の移動量を外挿できる。この制御格子点移動パターンを、上記中心仮想形態に適用することで、分布図上座標点Pt: (pt1, pt2, pt3 ... pts)に位置する周辺仮想形態を計算できる。

【0030】(5) 実体化

上記方法で算出された周辺仮想形態は、解剖学的特徴点に基づく複数個(K個)の頂点で構成された形状データである。一般にKは数百点程度である。これは、人体形態の分布特性を調べるのには十分なデータ点数としては十分であっても、製品適合評価に利用するには不十分である場合が多い。そこで、上記中心仮想形態を数十万点の頂点からなる精密形状データに置き換え、上記の制御格子点移動パターンを、この精密な中心仮想形態に適用すれば、数十万点の頂点からなる精密な周辺仮想形態を計算できる。

【0031】この精密な周辺仮想形態をを断面データに変換し光造形法などのラピッドプロトタイプング技術を用いた、上記実体化装置によって実体化することができる。なお、ここでは、光造形法を一例としてあげたが、数値制御板による切削加工による方法など、他の方法が利用できることは言うまでもない。

【0032】(実施例)本発明の実施例として、成人女子足部形態63例の形態分布図を取得し、その分布軸上の周辺仮想形態を算出した例を示す。これらの形態データは、立位状態で取得した足部の石膏型を、解剖学的特徴点位置をもとにモデリングし(図5(a))、そのデータ点を機械アーム式の3次元形状計測装置で1点ずつ入力したものである。

【0033】図5では詳細に示していないが、ひとつの形態データは、174点のデータ点からなり、これらを接続してできる324個の三角形によって構成される多面体データである(図5(b))。図5のように解剖学的特徴点で対応付けられた63人の足部形態モデルについて、本発明の方法で形態間距離を計算し、得られた距離行列を多次元尺度法で処理した。

【0034】図4は、多次元尺度法で4次元解を計算し、そのうちの第1軸と第2軸の分布を示したものである。この2つの軸に沿って、分布図原点からそれぞれ3×標準偏差だけ離れた位置にあるような周辺仮想形態を算出する。

【0035】まず、分布図原点近傍で、分布軸上に位置する仮想形態を、本発明の周辺仮想形態の計算(1)で計算する。この実施例の場合は、第1軸について標準偏差を単位として、-1.25~+1.15まで、第2軸については標準偏差を単位として-0.7~+0.7までの範囲で周辺仮想形態が計算可能であった。そこで、第1軸については、-1.25、±1.0、±0.75、±0.5、±0.25、+1.15の位置する仮想形態を、第2軸については、±0.7、±0.6、±0.45、±0.3、±0.15に位置する仮想形態を算出した。この結果得られた仮想形態の例と、中央に位置する仮想形態をこれらの軸上の仮想形態に変換するための自由形態変形法変形格子の移動パターンを図6に示す。

【0036】この自由形態変形変形格子の個々の移動量は、図7に示すように分布図上の中央の位置からの変位とほぼ直線的な関係にある。そこで、自由形態変形変形

格子の移動量を、分布図上の中央の位置からの変位に対する回帰式でモデル化する。この回帰式に従えば、周辺仮想形態の計算(1)では計算できなかった、より周辺に位置する仮想形態を計算することができる。これが周辺仮想形態の計算(2)である。これによって計算された第1軸の±3標準偏差形態を図8に、第2軸の±3標準偏差形態を図9に示す。

【0037】このようにして得られた形態を比較すれば、図4で示した3次元形態分布図のそれぞれの軸が、具体的にどのような形態特性を意味しているのか、視覚的に捉えることができる。また、本発明の装置によって精密な周辺仮想形態を実体化すれば、この分布図の中央に位置する形態(≒最頻値形態)に対して設計した製品を、周辺仮想形態に合わせてみて、集団としての適合性を評価することもできる。

【0038】以上、本発明に係る実施の形態を実施例に基づいて説明したが、本発明は、特にこのような実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲記載の技術的事項の範囲内でその他いろいろな実施の態様があることは言うまでもない。

【0039】

【発明の効果】本発明は以上の構成であるから、数値データとして記述された複数の人体3次元形態の分布図を作成し、その分布図の周辺に位置するような仮想形態を算出し、その仮想形態を実体化することができる。

【0040】顧客に適合する製品設計において、個別対応ではなく、集団(特定の顧客層)に対して量産品で対応する場合、その集団を代表する平均形態に対して製品を設計するだけでなく、集団の周辺部に位置するような仮想形態に対して、製品の適合性を評価することが必要となる。本発明によって得られる実体化された周辺仮想形態を用いれば、開発した製品を、実体化された周辺仮想形態に合わせてみて、その製品の許容幅を評価したり、あるいは再調整することが可能となる。特定の個人(実際の人)で評価するのではなく、実体化された周辺仮想形態で評価することの利点は、集団の周辺に位置するような評価者を見つけだす困難を解消できること、および、特定の個人が持つ個性を持たずに集団の周辺部の特徴だけを持つ形態で評価ができることにある。

【0041】また、本発明のように、集団の分布軸上の変化の特徴を自由形態変形法の格子点移動パターンとして定式化できれば、非常に多数(数万人)の3次元形状データではなく、少数(百人以下)の形状データから、±3標準偏差に位置するような形状データを推定できる。これは、人体データを大量に収集しなくても、分布モデルを用いることで、集団特性を推定できることを意味している。正規分布が仮定されれば、少ないデータから集団特性を推定できることと似ている。すなわち、国や企業などで、データを収集する際に、数万人規模の大規模計測を行わなくても、百人以下のデータで形態の分

布と周辺の仮想形態の導出、形成を実現できるようになる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の全体構成を示す図である。  
 【図2】人体の解剖学的特徴点を説明する図である。  
 【図3】人体の解剖学的特徴点を説明する図である。  
 【図4】人体形態分布状況を示す図である。  
 【図5】解剖学的特徴点に基づくモデリング及び足形態データを示す図である。

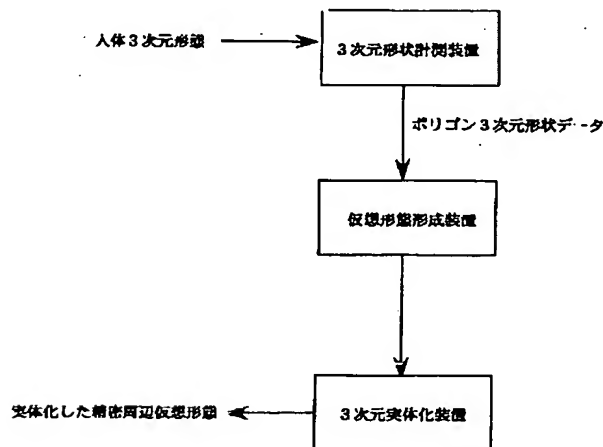
【図6】自由形態変形格子の移動パターンを示す図である。

【図7】分布図の第1軸変位量と自由形態変形格子の移動量を示す図である。

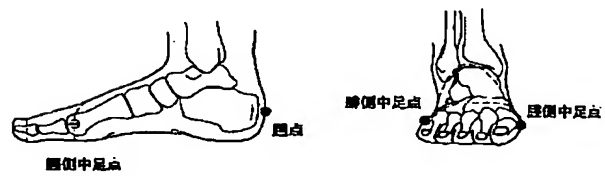
【図8】分布図の第1軸の標準偏差形態を示す図である。

【図9】分布図の第2軸の標準偏差形態を示す図である。

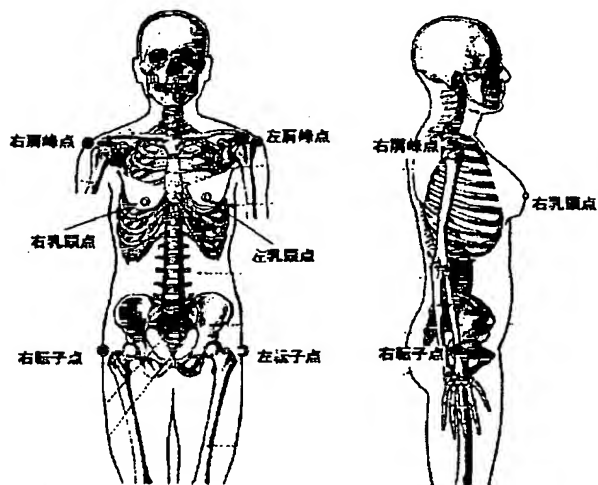
【図1】



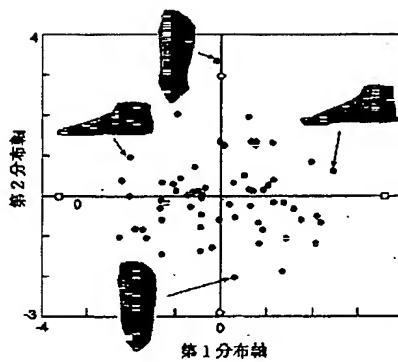
【図2】



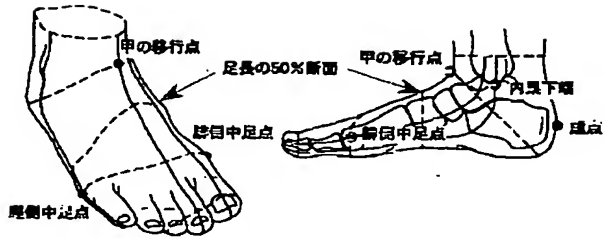
【図3】



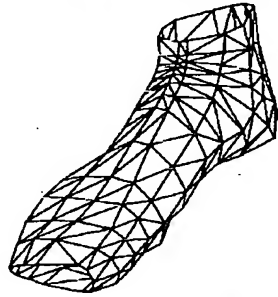
【図4】



【図5】

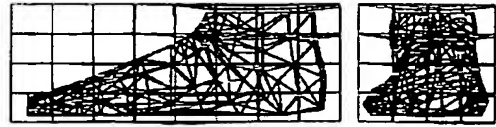


(a) 解剖学的特徴点位置に基づくモデリング

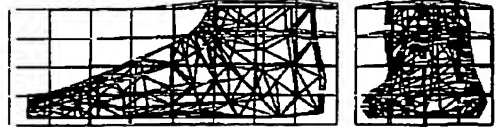


(b) 324ポリゴンからなる足形態データ

【図6】

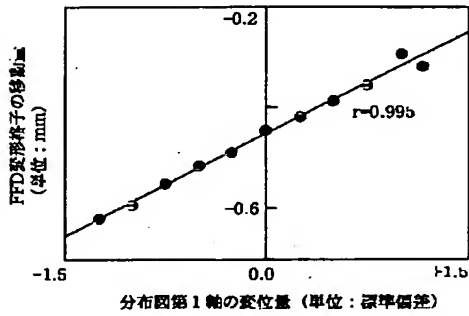


(a) 中央に位置する形態 (0,0,0,0) から、分布図第1軸の-1.0標準偏差(-1,0,0,0)に位置する仮想形態への変形

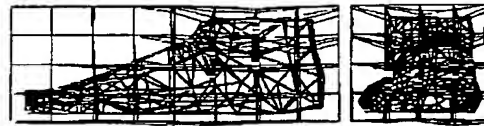


(b) 中央に位置する形態 (0,0,0,0) から、分布図第1軸の+1.0標準偏差(+1,0,0,0)に位置する仮想形態への変形

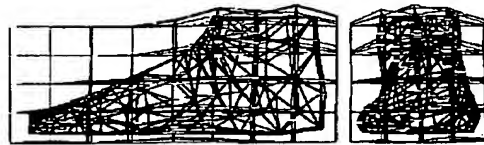
【図7】



【図8】



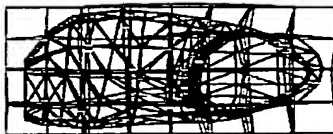
(a) 第1軸の+3.0標準偏差に位置する周辺仮想形態



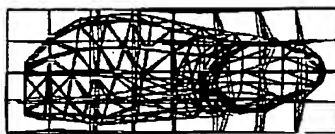
(b) 第1軸の-3.0標準偏差に位置する周辺仮想形態



【図9】



(a) 第2軸の+3.0標準偏差に位置する周辺仮想形態



(b) 第2軸の-3.0標準偏差に位置する周辺仮想形態